

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05029298 A**

(43) Date of publication of application: **05.02.93**

(51) Int. Cl

H01L 21/306
G02B 6/12
H01L 27/15

(21) Application number: **03220521**

(22) Date of filing: **30.08.91**

(30) Priority: **18.09.90 JP 02247688**

(71) Applicant: **RICOH CO LTD**

(72) Inventor: **AOKI MASAKANE**
ISOBE TAMI
FUJITA SHUNSUKE

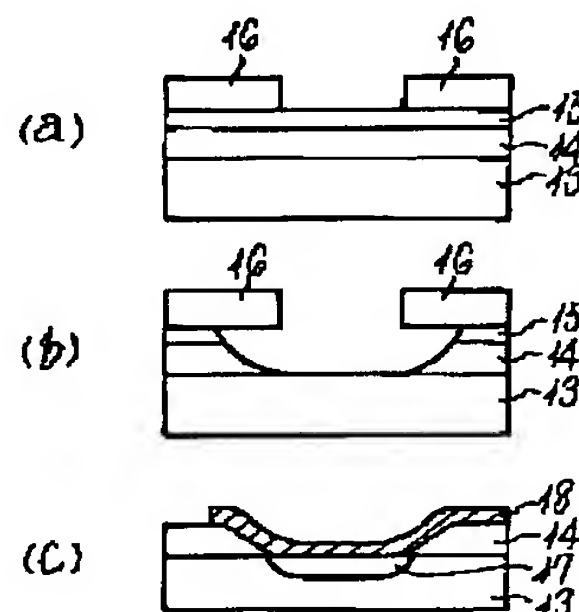
(54) **FORMING METHOD OF THIN FILM STRUCTURE ELEMENT**

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method of forming a thin film structure element of tapered structure large in taper ratio where waveguides are optically coupled high in efficiency.

CONSTITUTION: A dielectric layer 15 to be etched with hydrofluoric acid solution is formed on a substrate 13, and a silicon oxynitride (SiON) layer 15 higher than the dielectric layer 14 in etching rate is formed on the dielectric layer 14 with material gas of SiH_4 , NH_3 , N_2O , and inert carrier gas. A mask 16 is provided onto the SiON layer 15, and the layers 14 and 15 are selectively etched with hydrofluoric acid solution using the mask 16 concerned, whereby a thin film structure element of tapered structure is formed. The SiON layer can be optionally set in etching rate to the base dielectric layer, so that a thin film structure element of tapered structure which ranges widely in taper ratio from 1:1 to 1:30 can be formed.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-29298

(43)公開日 平成5年(1993)2月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/306	Q	7342-4M		
G 0 2 B 6/12	M	7036-2K		
H 0 1 L 21/306	E	7342-4M		
27/15		8934-4M		

審査請求 未請求 請求項の数5(全10頁)

(21)出願番号	特願平3-220521	(71)出願人	000006747 株式会社リコー 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(22)出願日	平成3年(1991)8月30日	(72)発明者	青木 真金 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内
(31)優先権主張番号	特願平2-247688	(72)発明者	磯部 民 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内
(32)優先日	平2(1990)9月18日	(72)発明者	藤田 俊介 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式 会社リコー内
(33)優先権主張国	日本(JP)	(74)代理人	弁理士 樺山 亨 (外1名)

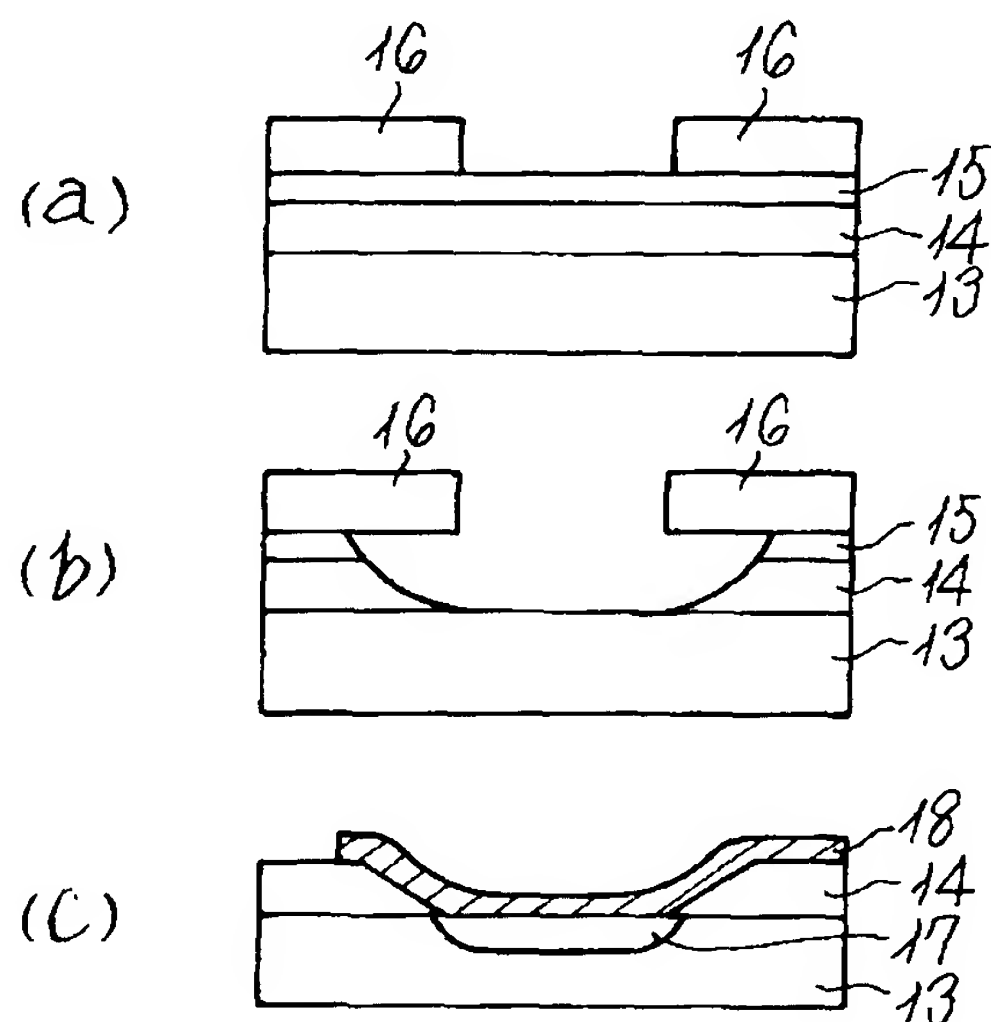
(54)【発明の名称】 薄膜構造素子の形成方法

(57)【要約】

【目的】大きいテーパー比を有し、効率の良い導波光結合等を得られるテーパー構造を備えた薄膜構造素子の形成方法を提供する。

【構成】基板13上にフッ酸系溶液によりエッチングされる誘電体層14を形成し、この誘電体層上にSiH₄とNH₃とN₂Oと不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマCVD法により誘電体層14よりも大きなエッチレートを有するシリコンオキシナイトライド層(SiON層)15を形成し、このSiON層上にマスク16を形成し、このマスクを用いてフッ酸系溶液によってSiON層15と誘電体層14とを選択的にエッチングすることによりテーパー構造を有する薄膜構造素子を作製する。

【効果】SiON層のエッチレートが下地の誘電体層に対して色々な値を選択できるため、テーパー比が1:1から1:30程度までの幅広いテーパー構造を有する薄膜構造素子を形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板上にフッ酸系溶液によりエッチングされる誘電体層を形成し、この誘電体層上に SiH_4 と NH_3 と N_2O と不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマ CVD 法により前記誘電体層よりも大きなエッチレートを有するシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記シリコンオキシナイトライド層と前記誘電体層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製することを特徴とする薄膜構造素子の形成方法。

【請求項 2】基板上に SiH_4 と NH_3 と N_2O と不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマ CVD 法によりシリコンオキシナイトライド層からなる光同ハロ層を形成し、この光導波路層上に前記原料ガスを用いてプラズマ CVD 法により前記光導波路層よりも低温又は低電力、若しくは、低温かつ低電力の成膜条件でシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いてフッ酸系溶液によって前記光導波路層と前記シリコンオキシナイトライド層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製することを特徴とする薄膜構造素子の形成方法。

【請求項 3】基板上に第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上にこれと同一のエッチング溶液に対するエッチレートが前記第一薄膜層よりも大きくしかもその第一薄膜層よりも膜厚の厚い第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記エッチング溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製することを特徴とする薄膜構造素子の形成方法。

【請求項 4】基板上にフッ化水素酸を水で希釈してなるフッ酸系溶液によりエッチングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの大きい第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製することを特徴とする薄膜構造素子の形成方法。

【請求項 5】基板上にフッ酸系溶液によってエッチングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの大きい第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製する薄膜構造素子の形成方法

において、前記フッ酸系溶液として界面活性剤を添加したフッ酸系溶液を用いることを特徴とする薄膜構造素子の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光集積回路における TE、TM モード分離素子や受光素子への導波光結合素子等として用いられる薄膜構造素子の形成方法に関し、特に、テーパ構造を有する薄膜構造素子の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、テーパ構造を有する薄膜構造素子が提案されており、光集積回路における TE、TM モード分離素子や受光素子への導波光結合素子等として利用されている。例えば、光導波路から受光素子や、膜厚・屈折率の異なる他の光導波路に導波光を損失を少なくして滑らかに導くものとして、テーパ型の導波路構造素子がある。第一の従来例として、そのテーパ型の導波路構造素子としては、IEEE、J. Q. E., QE-22、845 (1986) に、「Integrated Optics Components and Devices Using Periodic Structures」として開示されているものがある。これは、光導波路からテーパ型の導波路構造素子を介して、光導波路とモノリシックに形成された受光素子に光を導くようにしたものであり、テーパ型とすることにより導波光の損失を少なくするようにしている。

【0003】ここで、図 12 はテーパ構造による受光素子部への導波光結合の様子の具体例を示すものである。先ず、図 12 (a) では、Si 基板 1 上に受光素子 2 を形成し、その表面にバッファ層（熱酸化膜）3 を形成し、このバッファ層 3 の表面にこれよりもエッチレートの大きい図示しない高エッチレート層を積層し、さらに、この表面に受光素子 2 の上部に図示しないフォトリジストが残るように形成する。そして、ウェットエッチングによってバッファ層 3 と高エッチレート層とのエッチレート差を利用して、バッファ層 3 をテーパ状に形成した後、高エッチレート層を除去し、次にテーパ状に形成されたバッファ層 3 上に導波光 4 の通過する光導波路層 5 を積層するようにしたものである。また、図 12 (b) では、バッファ層（熱酸化膜）3 を LOCOS 法を用いて形成し、その時にできるバースビーク部分のテーパを受光素子 2 への導波光 4 の結合に利用するようにしたものである。しかしながら、上述したような 2 種のテーパ形状の形成方法の場合、テーパ比は 1:5 程度までしか得ることができない。

【0004】次に、第二の従来例として、平成元年春季第 36 回応物学会予稿集 I a-PB-9 に「テーパ型導波路の対向重畳によるスポットサイズ変換器 (SST) の低損失化」として開示されているものがある。この従来例では、膜厚・屈折率の異なる光導波路間をテー

パー型の導波路構造素子で結合することにより光損失をなくして導波光を結合させることができる。図13は、その具体例を示すものであり、テーパ形成方法としてシャドウマスク法を用いて作製する場合の様子を示すものである。これは、基板6上に光導波路7、8をスパッタ法、CVD法等のステップカバレッジの良い成膜法で形成する時に、その基板6上にシャドウマスク9、10を設置して、シャドウマスク端への反応種Aの回り込みによりテーパを形成する方法である。すなわち、図13(a)において、一方の光導波路11の端をテーパ状に形成し、次に、図13(b)でシャドウマスク端を光導波路11のテーパ端に合わせて、次の光導波路12をテーパ状に形成する。このような作製方法では、テーパ比約1:5が得られており、テーパ比が小さい時は、テーパ端での導波損失が大きいことが示されている。また、上述したような導波路構造素子以外にテーパ形状の素子を作製した例としては、第三の従来例として、特開昭57-18327号公報に「半導体装置の製造方法」として開示されているものがある。これは、半導体の配線技術において、コンタクトホール等の段差部の形状をテーパ状に形成することによって配線材の断線を防止することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 前述したような第一の従来例(図12参照)や、第二の従来例(図13参照)で示したような3種類のテーパ形成方法では、テーパ比が約1:5程度しか得られない。光導波路素子の場合、この程度のテーパ比では、テーパ部分での導波損失が大きく、また、場合によっては、テーパ部で導波光のモード変換が起こり、その変換したモードは等価屈折率が当初設計した値と異なるため、当初設計した光路を導波しなくなる等の問題が生じる。また、シャドウマスク法では、位置決め精度が得られないという問題もある。上述したように、光導波路素子では、導波損失や不必要なモード変換を抑え、効率の良い導波光結合を実現するためには、より大きなテーパ比を有する光導波路層のテーパ形成方法が必要であり、しかも、フォトリソグラフィ法と同程度の位置決め精度も必要とされるが、従来方法においては、何れの場合にもこのような問題は解決されていない。

【0006】

また、第三の従来例の方法では、図12(a)と同様に、段差部を形成する絶縁被膜層上にプラズマ堆積法によりP-Si₃N₄膜を形成し、前記絶縁被膜層に対するP-Si₃N₄膜のBHFに対するエッチレートが最大約6倍まで変化させ得ることを利用して、段差部にテーパを形成している。しかし、この方法を光導波路のテーパ形成に応用しても、そのテーパ比は、そのエッチレート差程度しか作り得ず、光導波路層のテーパ比としては、前述した第一及び第二の従来例と同様に不十分である。本発明は上記事情に鑑みてな

れたものであって、従来技術による問題点を解決し、効率の良い導波光結合が得られ、また、フォトリソグラフィ法と同程度の位置決め精度も得られ、且つ、極端に大きいテーパ比を有するテーパ構造をも形成可能な薄膜構造素子の形成方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、請求項1記載の発明では、基板上にフッ酸系溶液によりエッチングされる誘電体層を形成し、この誘電体層上にSiH₄とNH₃とN₂Oと不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマCVD法により前記誘電体層よりも大きなエッチレートを有するシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記シリコンオキシナイトライド層と前記誘電体層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製するようにした。また、請求項2記載の発明では、基板上にSiH₄とNH₃とN₂Oと不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマCVD法によりシリコンオキシナイトライド層からなる光同ハロ層を形成し、この光導波路層上に前記原料ガスを用いてプラズマCVD法により前記光導波路層よりも低温又は低電力、若しくは、低温かつ低電力の成膜条件でシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いてフッ酸系溶液によって前記光導波路層と前記シリコンオキシナイトライド層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製するようにした。

【0008】 請求項3記載の発明では、基板上に第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上にこれと同一のエッチング溶液に対するエッチレートが前記第一薄膜層よりも大きくしかもその第一薄膜層よりも膜厚の厚い第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記エッチング溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製するようにした。また、請求項4記載の発明では、基板上にフッ化水素酸を水で希釈してなるフッ酸系溶液によりエッチングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの大きい第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製するようにした。また、請求項5記載の発明では、基板上にフッ酸系溶液によってエッチングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの大きい第二薄膜層を

形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ形状を有する薄膜構造素子を作製する薄膜構造素子の形成方法において、前記フッ酸系溶液として界面活性剤を添加したフッ酸系溶液を用いることを特徴とした。

【0009】

【作用】請求項1記載の発明によれば、シリコンオキシナイトライド層のエッチレートがその下地の誘電体層に対して各種値を選択できるため、エッチレート差に応じてテーパ比が1:1から約1:30程度までの幅広いテーパ形状部を有する薄膜構造素子を形成することができる。請求項2記載の発明によれば、シリコンオキシナイトライド層のエッチレートがその下地の光導波路層に対して各種色々な値を選択できるため、エッチレート差に応じてテーパ比が1:1から約1:30程度までの幅広いテーパ形状部を有する薄膜構造素子を形成することができ、効率の良い導波路結合を達成することが可能となり、また、光導波路層とその上層のシリコンオキシナイトライド層とが同一の成膜装置で連続的に形成できるため、生産性の向上を図ることができる。請求項3記載の発明によれば、エッチング溶液の反応界面への供給が不足とならないようにしているため、テーパ比の大きなテーパ形状に形成することができる。請求項4記載の発明によれば、フッ酸系溶液の染み込み効果を大きくしているため、テーパ比の一段と大きなテーパ形状を形成することができる。請求項5記載の発明によれば、フッ酸系溶液として界面活性剤を添加したフッ酸系溶液を用いることにより、エッチング溶液の反応界面への供給が不足とならないので、さらにテーパ比の大きなテーパ形状を形成することができる。

【0010】

【実施例】先ず、請求項1記載の発明の一実施例を図1(a)～(c)に基づいて説明する。以下、本実施例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。図1

(a)において、基板としての半導体基板13上に誘電体層としてのSiO₂層14を熱酸化法により形成する。このSiO₂層14はフッ酸系溶液によりエッチング可能とされている。このSiO₂層14上に、原料ガスとしてSiH₄、NH₃、N₂O、不活性キャリアガスを用いたプラズマCVD法により前記SiO₂層14よりも大きなエッチレートを持つシリコンオキシナイトライド層15（以下、SiON層と呼ぶ）を積層する。このSiON層15上に、フォトリソグラフィ技術によりマスクとしてのフォトレジスト層16を所望のパターン形状に形成する。この場合、プラズマCVD法で形成されたSiON層15のBHF（HF：NH₄F：H₂O＝1：10：16、容積比）のエッチレートは、図7及び図8に示すように変化することが我々の実験結果より

見出されている。但し、図7、図8において、成膜条件は、

a：高周波出力50W、基板温度200℃でのエッチレート

b：高周波出力150W、基板温度200℃でのエッチレート

c：高周波出力100W、基板温度300℃でのエッチレート

d：熱SiO₂層のエッチレート

10 e：高周波出力100W、基板温度350℃でのエッチレート

である。尚、図7の横軸はSiON層15の屈折率を示すものである。このように従来のプラズマCVD法によるシリコンナイトライドのエッチレートよりも大きなエッチレートが得られ、また、成膜条件を変えることにより、色々なエッチレートを有するSiON層15が得られることが見出されるため、従来よりも極端に大きなテーパ形状を得ることができる。

【0011】次に、図1(b)において、フォトレジスト層16をマスクとしてフッ酸系溶液でエッチングすると、図7からわかるように、熱酸化SiO₂層14のエッチレート（約500Å/min）に比べSiON層15のエッチレートは大きいため、テーパ比として1:1～約1:30程度までのテーパ比を有するテーパ形状を得ることができる。その後、フォトレジスト層16を除去し、SiON層15を薄いフッ酸系溶液で除去する。この時、熱酸化SiO₂層14もエッチングされ、そのテーパ形状が後退するが、SiO₂層14とSiON層15とのエッチレート比が大きい場合には、
20 熱酸化SiO₂層14のパターン後退量はパターン寸法に比べ極くわずかである。尚、SiON層15は除去せずに残してもよい。次に、図1(c)において、熱拡散法またはイオン注入法等により拡散層17を形成し、その表面に配線層18を積層する。このようにして形成された配線層18は、段差部の傾斜が緩やかなため、その部分で断線を起こすことなく良好な配線を得ることができる。

【0012】次に請求項1記載の発明の変形例を図2

(a)～(d)に基づいて説明する。ここでは、前述の第一の従来例（図12参照）でも述べたように、導波光を受光素子へ効率良く結合させるために、受光素子の周囲にテーパ形状を形成する場合に適用するものである。図2(a)に示すように、先ず、n+型Si基板19上に真性半導体(i)に近い低濃度（高抵抗）のn-型Si層20が形成され、その一部に受光素子としてのp+型Si層21が形成されてなる半導体基板13上に熱酸化法によりSiO₂層14を形成し、その表面に原料ガスとしてSiH₄、NH₃、N₂O、不活性キャリアガスを用いたプラズマCVD法によりSiON層15を
40 積層する。このSiON層15の表面にフォトリソグラ
50

7

フィー技術によって、 p^+ 型 Si 層 21 に合わせてフォトレジスト層 16 のマスクを形成する。次に、図 2

(b) に示すように、フッ酸系溶液でエッチングすると、 $SiON$ 層 15 の方が SiO_2 層 14 よりもエッチレートが大きいので SiO_2 層 14 にテーパ形状が形成される。この時、 p^+ 型 Si 層 21 の上部の SiO_2 層 14 は完全には除去されない。その後、フォトレジスト層 16、 $SiON$ 層 15 を除去する。

【0013】次に、図 2 (c) に示すように、 p^+ 型 Si 層 21 の上部に残った SiO_2 層 14 にコンタクトホールを設け、その上部に配線層 22 を形成し、また、裏面側に電極 23 を形成する。この場合、配線層 22 は、テーパ形状をした段差部が緩やかなため、断線を起こすようなことがなく良好な配線が得られる。次に、図 2

(d) に示すように、その SiO_2 層 14 の上部に光導波路層 24 を CVD 法、スパッタ法等により形成する。この時、その光導波路層 24 の屈折率 n_a が SiO_2 層 14 の屈折率 n_b (≈ 1.46) より大きく ($n_a > n_b$) なるように設定する。ここで図 7、図 8 に示すように、 $SiON$ 層 15 のエッチレートは、 SiO_2 層 14 よりも少なくとも 5 倍以上の値をもつように選ぶことができるため、これにより形成されるテーパ形状もテーパ比にして前述の従来技術によるテーパ比 1:5 以上のテーパ形状を得ることができる。従って、導波光 25 は、従来よりも効率良く受光素子 (p^+ 型 Si 層 21) へ受光できることになる。尚、本実施例では、受光素子として、 pin 型としたがこれに限るものではなく、 pn 型でもよく、また、 Si を用いた受光素子だけでなく Ge を用いた受光素子でもよく、さらに、 InP 基板や $GaAs$ 基板上に形成された III-V 族多元結晶型の受光素子でもよい。

【0014】次に、請求項 2 記載の発明の一実施例を図 3 (a) ~ (d) に基づいて説明する。以下、本実施例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。図 3

(a) において、基板 26 は、半導体基板 27 上にバッファ層として SiO_2 層 28 を形成することによりなっている。この基板 26 上に原料ガスとして SiH_4 、 NH_3 、 N_2O 、及び不活性キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により、シリコンオキシナイトライド層からなる光導波路層 29 を形成する。この光導波路層 29 は、例えば図 7 の c 条件 (高周波出力 100 W、基板温度 300 °C) で屈折率 $n_c = 1.87$ 、エッチレートは約 800 Å/min とすることにより形成できる。次にその光導波路層 29 上に前記原料ガスと同一のガスを用いてプラズマ CVD 法により前記光導波路層 29 よりも低温、低電力の成膜条件でシリコンオキシナイトライド層 30 (以下、 $SiON$ 層と呼ぶ) を積層する。この $SiON$ 層 30 は、例えば図 7 の a 条件 (高周波出力 50 W、基板温度 200 °C) で、屈折率 $n_d = 1.65$ 、エッチレート約 16000 Å/min とすることにより形

8

成できる。その後、フォトリソグラフィー技術によりフォトレジスト層 31 を所望のパターン形状に形成することができる。

【0015】次に、図 3 (b) において、フッ酸系溶液でフォトレジスト層 31 をマスクとしてエッチングすると、エッチレート比で約 20 倍の差があるため、テーパ比 1:5 よりも極端に緩やかなテーパ形状が光導波路層 29 に形成される。次に、図 3 (c) において、フォトレジスト層 31 と $SiON$ 層 30 とを除去する。次に、図 3 (d) において、テーパ形状の光導波路層 29 上に、CVD 法、スパッタ法等により別の光導波路層 32 を形成する。この場合、光導波路層 32 の屈折率 n_e は、その下面の光導波路層 29 の屈折率 n_f よりも低い値 (例えば $n_e = 1.55$) とする。また、バッファ層である SiO_2 層 28 の屈折率 n_g は $n_g = 1.46$ とする。これにより、光導波路層 32 に導波した光 33 は、光導波路層 29 とのテーパ状の界面で、屈折率の大きい光導波路層 29 に移行し、且つ、テーパ形状が極端に緩やかであるため、前述の第二の従来例に比べ光損失やモード変換発生等の少ない効率の良い導波光結合を達成することができる。また、光導波路層 29 から光導波路層 32 への逆の結合も同様に効率良く達成することができる。尚、基板 26 は、石英ガラス等の半導体以外の誘電体基板でもよい。

【0016】次に請求項 2 記載の発明の変形例を図 4 (a) ~ (c) に基づいて説明する。以下、この例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。基板 26 は、半導体基板 27 上にバッファ層としての SiO_2 層 28 を形成し、その SiO_2 層 28 の表面に CVD 法、スパッタ法等により光導波路層 34 を形成してなる。この場合、 SiO_2 層 28 は屈折率 $n_h = 1.46$ 、光導波路層 34 は屈折率 $n_i = 1.55$ とする。この光導波路層 34 の表面に、原料ガスとして SiH_4 、 NH_3 、 N_2O 、及び不活性キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により光導波路層 29 を形成する。この光導波路層 29 は、例えば図 7 の c 条件 (高周波出力 100 W、基板温度 300 °C) で、屈折率 $n_j = 1.87$ 、エッチレートは約 800 Å/min とする。次に、その光導波路層 29 の表面に同一の原料ガス、キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により $SiON$ 層 30 を積層する。この $SiON$ 層 30 は、例えば図 7 の a 条件 (高周波出力 50 W、基板温度 200 °C) で屈折率 $n_k = 1.65$ とし、そのエッチレートは約 16000 Å/min とする。その後、フォトリソグラフィー技術によりフォトレジスト層 31 を所望のパターンに形成する。

【0017】次に、図 4 (b) に示すように、フッ酸系溶液でフォトレジスト層 31 をマスクとしてエッチングすると、エッチレート比で約 20 倍の差があるため、テーパ比 1:5 よりも極端に緩やかなテーパ形状が光導波路層 29 に形成される。次に、図 4 (c) に示すよ

うに、フォトレジスト層 31、SiON 層 30 を除去する。これにより光導波路層 34 に導波した導波光 35 は、光導波路層 29 とのテーパ形状の界面で、屈折率の大きい光導波路層 29 に移行する。この時、テーパ形状が極端に緩やかであるため、前述の第二の従来例に比べ光損失やモード変換発生等の少ない効率の良い導波光結合を達成することができる。また、光導波路層 29 から光導波路層 34 への逆の結合の場合も、同様にして効率良く達成することができる。尚、基板 26 は、石英ガラス等の半導体以外の誘電体基板でもよい。

【0018】次に、請求項 3 記載の発明の一実施例を図 5 (a)、(b) に基づいて説明する。以下、本実施例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。図 5 において、基板 36 は、半導体基板 37 上にバッファ層としての SiO₂ 層 38 を形成することによりなっている。この SiO₂ 層 38 上に、原料ガスとしての SiH₄、NH₃、N₂O、及び不活性キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により第一薄膜層としての光導波路層 39 を形成する。この光導波路層 39 は、例えば図 7 の c 条件 (高周波出力 100 W、基板温度 300℃) で、屈折率 $n_1 = 1.87$ 、膜厚 $d_1 = 3000 \text{ \AA}$ 、エッチレート約 800 \AA/min とする。この光導波路層 39 の表面に同一の原料ガス、キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により第二薄膜層としての SiON 層 40 を積層する。この場合、SiON 層 40 は、光導波路層 39 に比べエッチレートが大きく、しかも、膜厚が厚く形成されている。また、この SiON 層 40 の上部には、マスクとしてのフォトレジスト層 41 が形成されている。ここで、図 5 (a) に示すように、SiON 層 40 が、例えば図 7 の a 条件 (高周波出力 50 W、基板温度 200℃) で、屈折率 $n_2 = 1.76$ 、膜厚 $d_2 = 2100 \text{ \AA}$ ($d_2/d_1 = 0.7$)、エッチレート約 13000 \AA/min の場合と、(b) に示すように、これと同一の成膜条件で屈折率 $n_2 = 1.54$ 、膜厚 $d_2 = 13800 \text{ \AA}$ ($d_2/d_1 = 4.6$)、エッチレート約 4800 \AA/min の場合とを比較する。

【0019】図 9 は、エッチング溶液としてのフッ酸系溶液の濃度に対するテーパ長さ W の様子を示すものである。この場合、a、b 条件は、図 5 の a、b 条件の場合に対応している。この実験からエッチレート比で大きな差のとれるエッチレート比 16.3 の場合よりも、エッチレート比がより小さなエッチレート比 6 の場合の方がテーパ長さ W が大きくなる。このようにテーパ長さ W が大きくなるのは、光導波路層 39 より SiON 層 40 の膜厚が厚い場合であり、フッ酸系溶液がフォトレジスト層 41 で形成されたマスクの奥まで効率良く新鮮なフッ酸系溶液が供給されることによる。さらに詳しく述べると、実際にエッチングを担う HF 分子や HF₂-イオンが SiON 層 40 が厚い場合は、フォトレジスト層 41 の奥まで十分に供給され、実際の反応界面で同分子

や同イオンが不足しないことによるからである。このようなことから本実施例では、第一薄膜層としての光導波路層 39 よりも第二薄膜層としての SiON 層 40 の方の膜厚を厚く形成している。従って、第三の従来例で述べたようなテーパ技術では、テーパ形状を有する層の上層の高エッチレート層は、そのテーパを形成する層よりも薄く形成されていたため大きなテーパ比を有するテーパ形状を得ることはできなかったが、本実施例のように上層側の SiON 層 40 の方を厚く形成することにより、従来よりも一段と大きなテーパ比を有するテーパ形状を得ることができる。

【0020】次に、請求項 4 記載の発明の一実施例を図 6 (a)、(b) に基づいて説明する。以下、本実施例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。これは、前述した請求項 3 記載の発明の実施例と構成は同じであるが、ここでは、エッチング溶液として、フッ化水素酸を水で希釈してなるフッ酸系溶液を用いたものである。すなわち、この場合、図 9 に示すように、SiON 層 40 の膜厚が同じであれば、図 6 (b) に示すように、バッファードフッ酸 (以下 BHF と呼ぶ、HF : NH₄F : H₂O = 1 : 10 : 16 容積比、室温) でエッチングした場合よりも、(a) に示すように、フッ酸 (HF) を水 (H₂O) で希釈した方がテーパ長さ W を大きくとることができる。このように、通常の場合は BHF によるエッチングが行なわれているが、本実施例のようにエッチング溶液を希釈して用いることにより、従来に比べて一段と大きなテーパ比を有するテーパ形状を得ることができる。

【0021】次に、請求項 5 記載の発明の一実施例を図 10 (a)、(b) に基づいて説明する。以下、本実施例における薄膜構造素子の形成方法を順次述べる。図 10 において、基板 100 は、半導体基板 110 上にバッファ層としての熱酸化 SiO₂ 層 115 (屈折率 1.46) を形成することによりなっている。この SiO₂ 層 115 上に、原料ガスとしての SiH₄、NH₃、N₂O、及び不活性キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により第一薄膜層としてのシリコンオキシナイトライド層 (SiON 層) 102 を形成する。次に、この SiON 層 102 の上に同じ原料ガス、キャリアガスを用いたプラズマ CVD 法により、第二薄膜層としての SiON 層 103 を形成する。この時、第一の SiON 層 102 の成膜条件は、例えば図 7 の c 条件 (高周波出力 100 W、基板温度 300℃) で、屈折率 $n_1 = 1.87$ 、BHF (HF : NH₄F : H₂O = 1 : 10 : 16 容積比) でのエッチレート約 800 \AA/min とする。また、第二の SiON 層 103 の成膜条件は、例えば、図 7 の a 条件 (高周波出力 50 W、基板温度 200℃) で、屈折率 $n_2 = 1.65$ 、BHF でのエッチレート約 16000 \AA/min とする。

【0022】ここで、SiON 層 102 と 103 は、上

述の成膜条件では約20倍のエッチレート差があるので、上記BHFでレジスト104をマスクとしてエッチングすると、図10(b)のように、エッチレート差程度のテーパー比1:20を持つ長さ(W₂)のテーパーが形成される。これに対して、請求項5記載の発明では、上記エッチレート差1:20以上のテーパー比をもつテーパーを形成する方法を提供するものである。すなわち本発明では、上記と同じ膜構成で、レジスト104をマスクとして、上記BHF(HF:NH₄F:H₂O=1:10:16容積比)に界面活性剤を少量添加したフッ酸系溶液でエッチングすることにより、図10(a)に示すように、界面活性剤を添加しないBHFでエッチングした時に比べて更に大きなテーパー比を有するテーパー長さ(W₁>W₂)のテーパーを得ることができる。これは、BHFに界面活性剤を少量添加することにより、BHFの表面張力が低下し、微細部分へ浸透しやすくなるためであり、このため、実際にエッチングを担うHF分子やHF₂⁻イオンがレジストとSiON層102, 103との間隙dに充分に供給され、実際の反応界面で、同分子、同イオンが不足せずに供給されることによると考えられる。また同様に、フッ酸(HF)を水(H₂O)で希釈した溶液に、界面活性剤を少量添加した溶液を用いても、界面活性剤を添加しない希釈フッ酸水溶液でエッチングした時に比べ、より大きなテーパー比を有するテーパーが得られる。

【0023】さて、以上のようにしてテーパー形状を形成した後は、フォトレジスト層104を除去し、さらに第二のSiON層103を薄いフッ酸系溶液で除去する。この時、第二SiON層103は第一SiON層102及び熱酸化SiO₂層115に比べ、20倍以上の高エッチレートを有するため、第二SiON層103のみが選択的に除去される。この除去後、図11(a)に示すように第一SiON層102及び熱酸化SiO₂層115上に、CVD法、スパッタ法等により、別の光導波路層120を形成する。この光導波路層120の屈折率は、SiON層102よりも低い値(例えば、1.55)に設定されており、これにより、図11(a)に示すように、光導波路層120に導波した導波光80は、光導波路層120とSiON層102とのテーパー形状の界面で、屈折率の大きいSiON層102に移行する。この時、テーパー形状が極端に緩やかであるため、前述の第二の従来例に比べ、光損失やモード変換発生等の少ない効率の良い導波光結合を達成することができる。また図11(b)に示すように、SiON層102から光導波路層120への逆の結合の場合も、同様にして効率良く達成することができる。また本発明の場合、テーパー形状が極端に緩やかに形成できるため、図11(b)の構造で、テーパー部への導波光81の入射角が、全反射角となるように導波光81を入射させると、テーパー部での散乱、損失の少ない反射効率の良い導波

路ミラー素子を得ることもできる(図示せず)。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明は、基板上にフッ酸系溶液によりエッチングされる誘電体層を形成し、この誘電体層上にSiH₄とNH₃とN₂Oと不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマCVD法により誘電体層よりも大きなエッチレートを有するシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いてフッ酸系溶液によってシリコンオキシナイトライド層と誘電体層とを選択的にエッチングすることにより、テーパー構造を有する薄膜構造素子を作製するようにしたので、シリコンオキシナイトライド層のエッチレートがその下地の誘電体層に対して色々な値を選択できるため、エッチレート差に応じてテーパー比が1:1から約1:30程度までの幅広いテーパー形状部を有する薄膜構造素子を形成することができる。

【0025】また、請求項2記載の発明では、基板上にSiH₄とNH₃とN₂Oと不活性キャリアガスとを有する原料ガスを用いてプラズマCVD法によりシリコンオキシナイトライド層からなる光導波路層を形成し、この光導波路上に同じ原料ガスを用いてプラズマCVD法により光導波路層よりも低温又は低電力若しくは低温且つ低電力の成膜条件でシリコンオキシナイトライド層を形成し、このシリコンオキシナイトライド層上にマスクを形成し、このマスクを用いてフッ酸系溶液によって光導波路層とシリコンオキシナイトライド層とを選択的にエッチングすることにより、テーパー構造を有する薄膜構造素子を作製するようにしたので、シリコンオキシナイトライド層のエッチレートがその下地の光導波路層に対して色々な値を選択できるため、エッチレート差に応じてテーパー比が1:1から約1:30程度までの幅広いテーパー形状部を有する薄膜構造素子を形成することができ、効率の良い導波路結合を達成することが可能となり、また、光導波路層とその上層のシリコンオキシナイトライド層とが同一の成膜装置で連続的に形成できるため、生産性の向上を図ることができるものである。

【0026】また、請求項3記載の発明では、基板上に第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上にこれと同一のエッチング溶液に対するエッチレートが第一薄膜層よりも大きくしかもその第一薄膜層よりも膜厚の厚い第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いてエッチング溶液によって第一薄膜層と第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパー構造を有する薄膜構造素子を作製するようにしたので、この場合、エッチング溶液の反応界面への供給が不足とならないようにすることができ、テーパー比の大きなテーパー形状を有する薄膜構造素子を形成することができる。また、請求項4記載の発明では、基板上にフッ化水素酸を水で希釈してなるフッ酸系溶液によりエッ

チングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの高い第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製するようにしたので、この場合、フッ酸系溶液の染み込み効果を大きくすることができ、テーパ比の一段と大きなテーパ形状を形成することができる。

【0027】また、請求項5記載の発明では、基板上にフッ酸系溶液によってエッチングされる第一薄膜層を形成し、この第一薄膜層上に前記フッ酸系溶液によりエッチングされる前記第一薄膜層よりもエッチレートの高い第二薄膜層を形成し、この第二薄膜層上にマスクを形成し、このマスクを用いて前記フッ酸系溶液によって前記第一薄膜層と前記第二薄膜層とを選択的にエッチングすることにより、テーパ構造を有する薄膜構造素子を作製する薄膜構造素子の形成方法において、前記フッ酸系溶液として界面活性剤を添加したフッ酸系溶液を用いることにより、エッチング溶液の反応界面への供給が不足とならないので、さらにテーパ比の大きなテーパ形状を形成することができる。これにより、フォトソングラフイー技術レベルの高い位置決め精度を保ったまま、散乱、損失の少ない効率の良い導波光結合器や、導波路上のミラー等を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1記載の発明の一実施例を示す薄膜構造素子の形成工程説明図である。

【図2】請求項1記載の発明の変形例を示す薄膜構造素子の形成工程説明図である。

【図3】請求項2記載の発明の一実施例を示す薄膜構造素子の形成工程説明図である。

【図4】請求項2記載の発明の変形例を示す薄膜構造素子の形成工程説明図である。

【図5】請求項3記載の発明の一実施例を示す側面図で

ある。

【図6】請求項4記載の発明の一実施例を示す側面図である。

【図7】SiON層の屈折率に対するエッチレートの様子を示す波形図である。

【図8】原料ガスSiH₄とN₂Oの流量比に対するエッチレートの様子を示す波形図である。

【図9】フッ酸系溶液濃度に対するテーパ長さの様子を示す波形図である。

10 【図10】請求項5記載の発明の一実施例を示す側面図である。

【図11】請求項5記載の発明の一実施例を示す薄膜構造素子の側面図である。

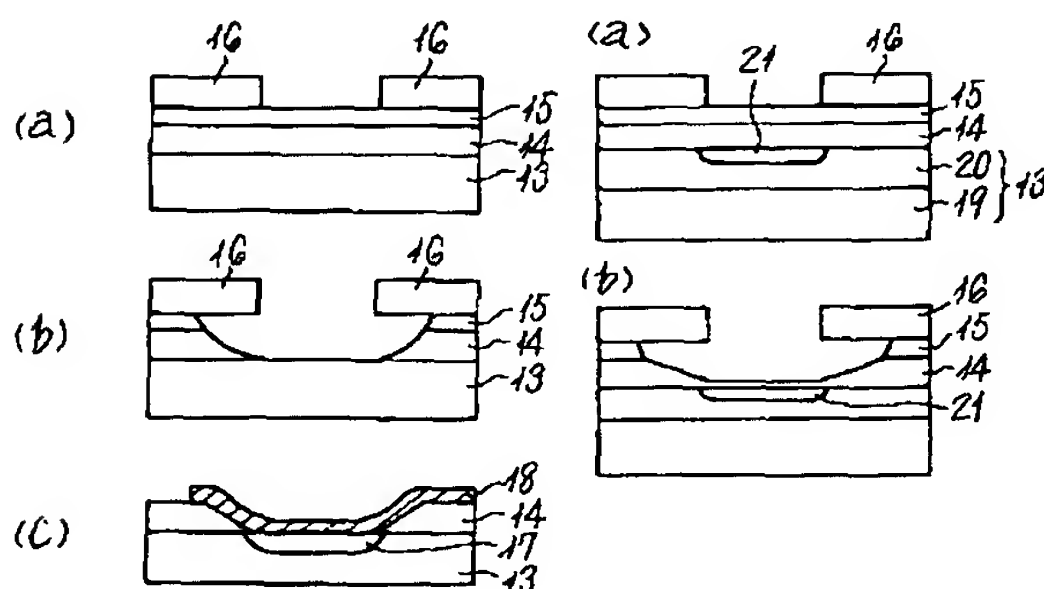
【図12】従来技術の説明図であって、テーパ構造及びそのテーパ構造による受光素子部への導波光結合の様子の具体例を示す図である。

【図13】従来技術の説明図であって、テーパ構造形成方法の工程説明図である。

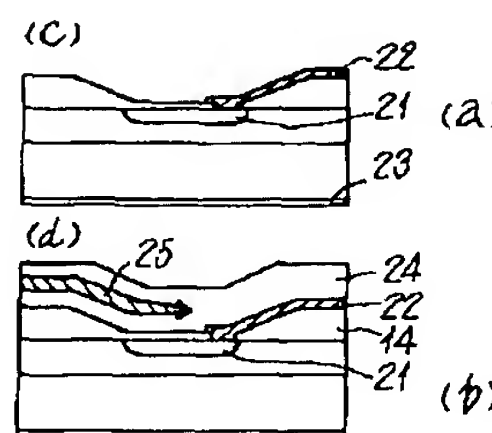
【符号の説明】

- 20 13・・・基板
14・・・誘電体層
15・・・シリコンオキシナイトライド層
16・・・マスク
26・・・基板
29・・・光導波路層
30・・・シリコンオキシナイトライド層
31・・・マスク
36・・・基板
39・・・第一薄膜層
30 40・・・第二薄膜層
41・・・マスク
100・・・基板
102・・・第一薄膜層
103・・・第二薄膜層
104・・・マスク

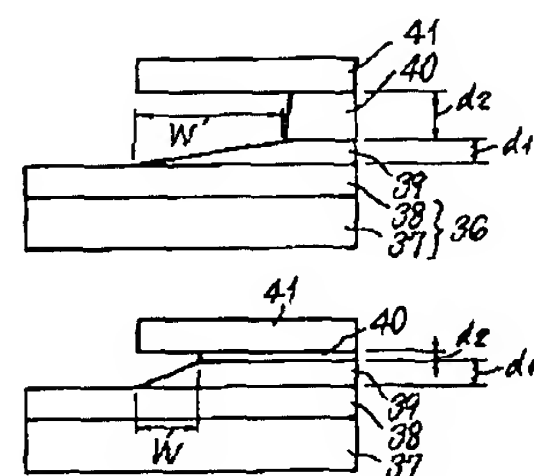
【図1】



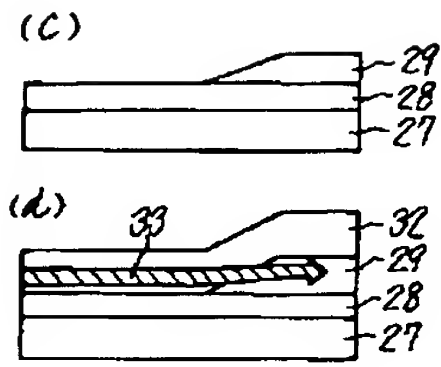
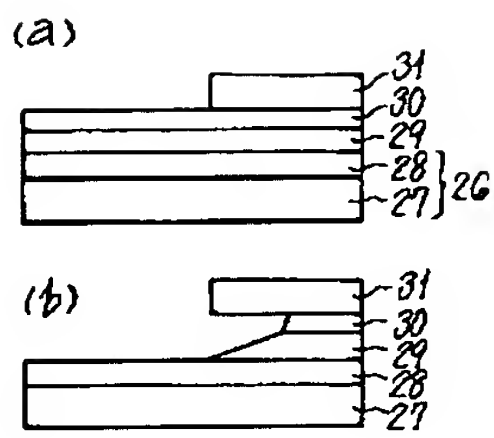
【図2】



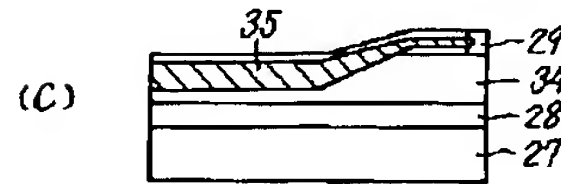
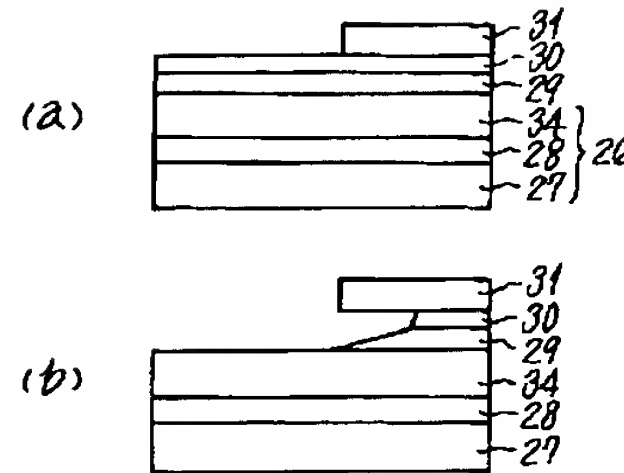
【図5】



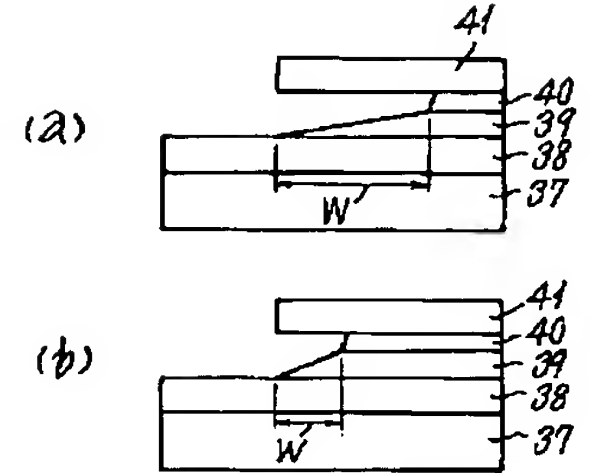
【図3】



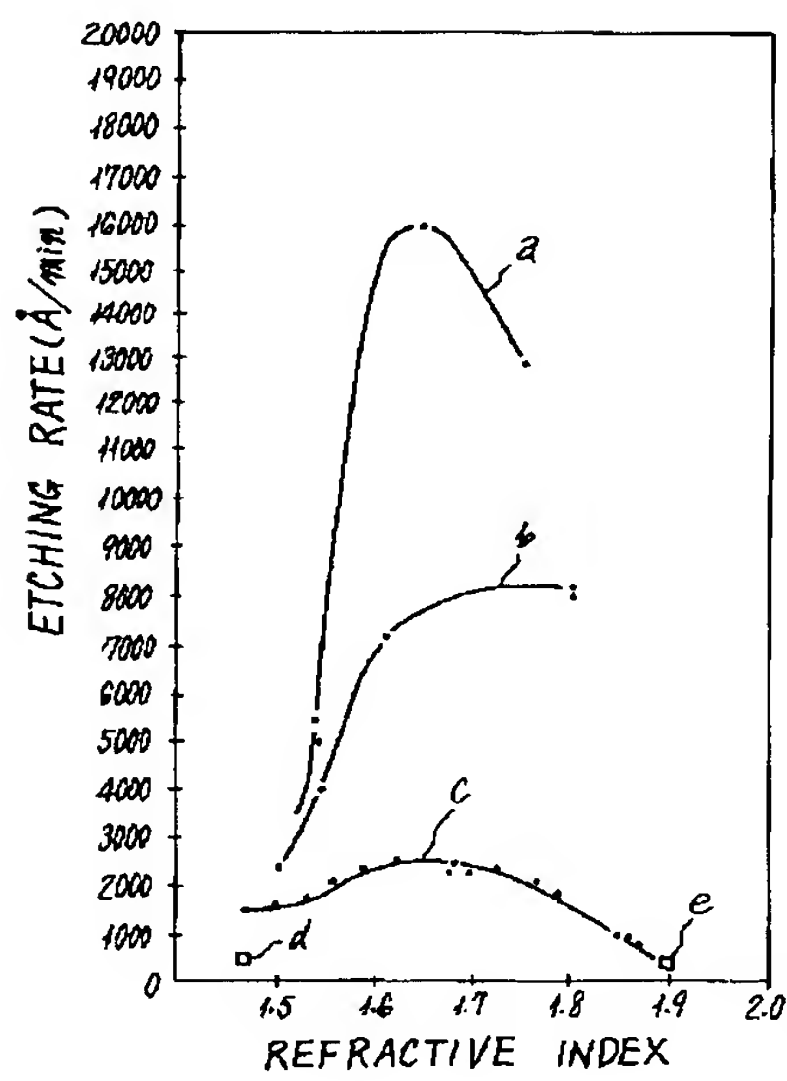
【図4】



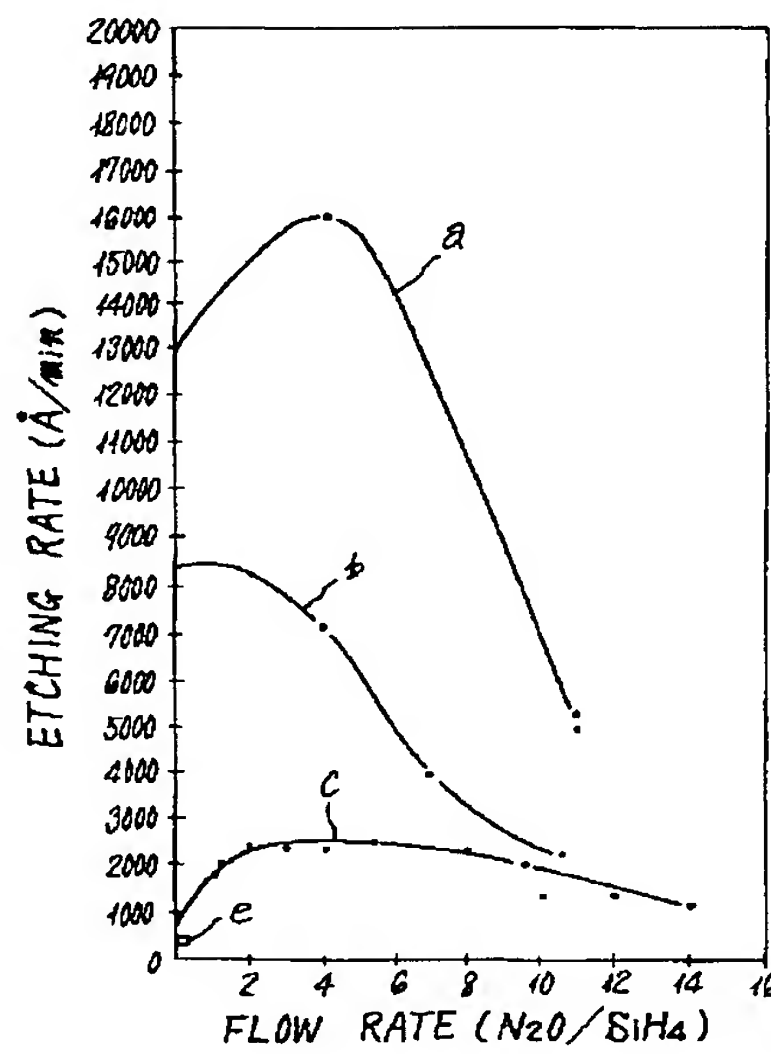
【図6】



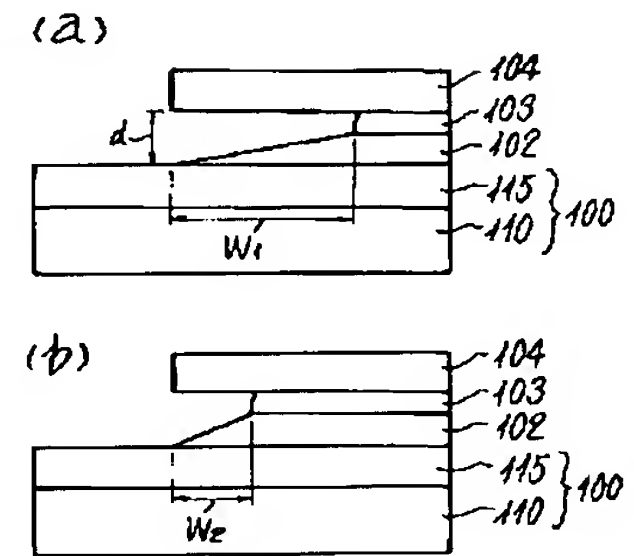
【図7】



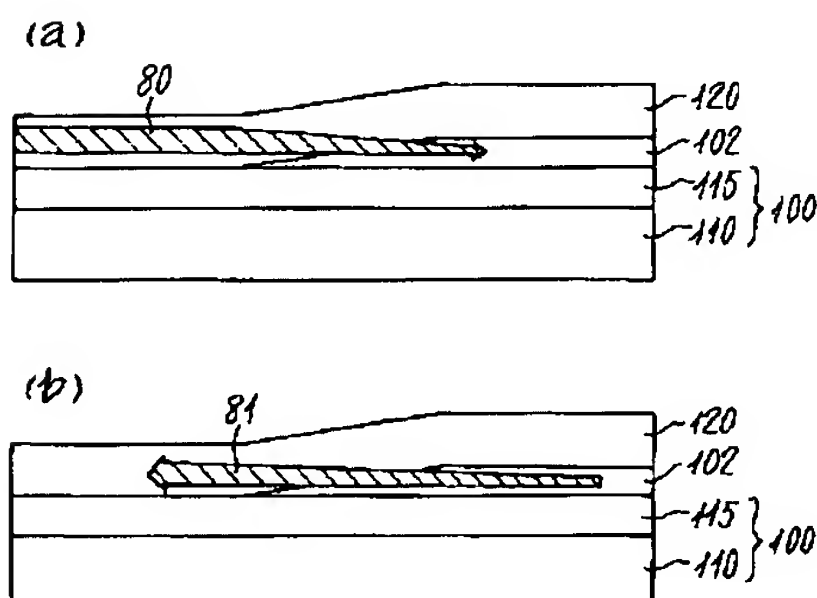
【図8】



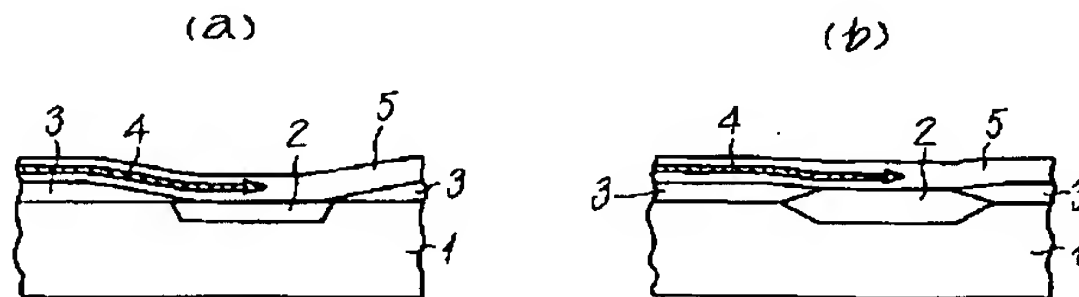
【図10】



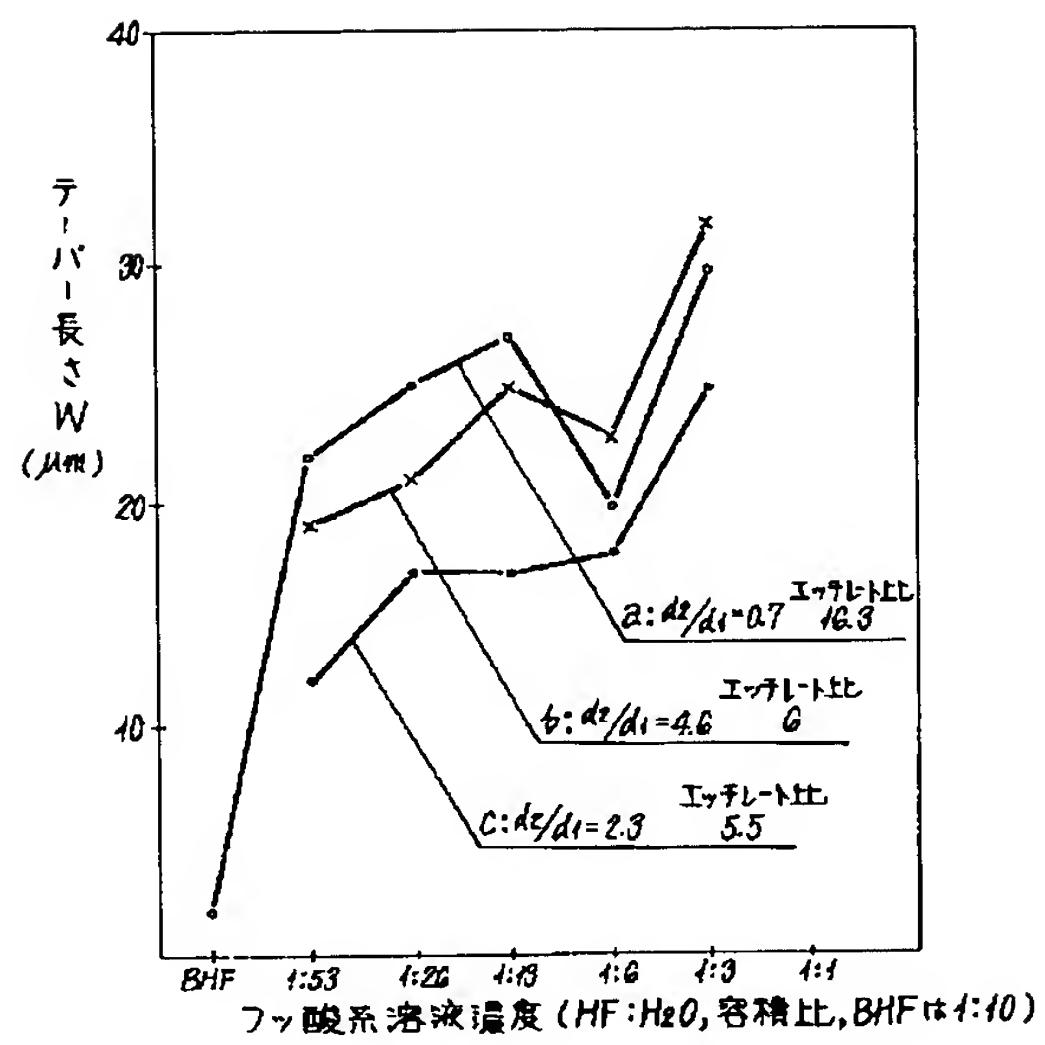
【図11】



【図12】



【図9】



【図13】

